

Trabajo Fin de Grado

Economía del medio ambiente. Emisión de gases contaminantes: la curva de Kuznets ambiental y su aplicación en Canadá

Environmental economics. Emission of polluting gases: Environmental Kuznets curve and its application in Canada.

Autor

Javier Calderón Pariente

Directores

Majed Atwi Saab

Jesús Mur Lacambra

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA
2018/2019

Autor: Javier Calderón Pariente

Dirección: Majed Atwi Saab y Jesús Mur Lacambra

Titulación: Grado en Economía por la Universidad de Zaragoza

Resumen

La polución afecta a todo el mundo, perjudicando tanto la salud como el clima. Si la emisión de gases invernadero continúa al mismo ritmo, podríamos tener desabastecimientos de comida, incendios, devastación de la vida animal y marítima - como los corales-, e incremento del nivel del agua -lo que obligará a muchas personas a convertirse en refugiados climáticos- para 2040.

En este trabajo estudiaremos, a través de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), si el crecimiento económico es una buena herramienta para conseguir disminuir las emisiones de gases invernadero. Para ello, realizaremos un estudio de la literatura y un estudio econométrico básico de dicha curva sobre Canadá.

Abstract

Pollution affects everyone, threatening both health and climate. If greenhouse gas emissions continue at the same rate, we could have food shortening, wild fires, devastation of animal and marine -such as coral reef- life, and an increase of sea level -which would force a lot of people to become climate refugees- by 2040.

In this paper we will study, through the Environmental Kuznets Curve (CKA), if economic growth is a good tool to decrease greenhouse gas emissions. In order to do that, we will review the literature and carry out a basic econometric study of said curve about Canada.

INDICE

1. Introducción.	3
2. Revisión de la literatura	4
3. Canadá.....	10
4. Evidencia empírica. La curva de Kuznets de Canadá.	19
5. Conclusiones.	29
6. Bibliografía.	31

1. Introducción.

Simon Kuznets (1995), economista ruso-estadounidense formado en la Universidad de Columbia, relacionó con una hipótesis los ingresos per cápita y la desigualdad de la renta con una curva de forma U-invertida, donde la desigualdad incrementa al principio para empezar a disminuir después. A esta relación se la conoce como Curva de Kuznets y junto con la idea de que “las cosas pueden que tengan que ponerse peor antes de que mejoren” (Panayotou, 1993) derivó a otras hipótesis del terreno de la economía medioambiental.

En este estudio hablaremos sobre la relación en forma de U-invertida entre la degradación medioambiental y el nivel de desarrollo económico. A niveles bajos de desarrollo, la cantidad de degradación ambiental está sujeta tan sólo a aquellos desperdicios que la actividad económica de subsistencia libera. Cuando el desarrollo económico toma un ritmo ascendente gracias a mejoras en la agricultura, la generación de desperdicios es mayor no sólo en cantidad, sino también en toxicidad ya que los ratios de agotamiento de los recursos es mayor que los ratios de regeneración de esos recursos. Para llegar a niveles altos de desarrollo, un cambio estructural es necesario hacia una sociedad industrial y dirigida a la creación de servicios, y junto a una mayor sensibilidad medioambiental de la sociedad, mejores tecnologías que contaminan menos y mayor protección medioambiental a través de la legislación, resulta en un pico de degradación ambiental primero y luego una gradual caída.

El propósito de este estudio es comprobar utilizando métodos econométricos si esta hipótesis, denominada Curva de Kuznets Ambiental (CKA), existe en un territorio concreto, en nuestro caso Canadá.

La contaminación y el calentamiento global es el mayor problema del siglo XXI. Canadá es uno de los países más importantes a nivel global tanto en materia económica como medioambiental, por lo que la aportación de Canadá en las reducciones de CO₂ tendrá un enorme impacto globalmente. Solamente por esta razón es necesario un estudio de la CKA en Canadá.

Para la realización de ese estudio, este trabajo estará estructurado de la siguiente manera. Primero, estudiaremos en profundidad toda la literatura relacionada con la CKA; en segundo lugar, veremos cómo se organiza la economía canadiense, así como un repaso sobre diferentes índices tanto económicos, sociales y medioambientales; en tercer lugar, realizaremos un estudio econométrico; y terminaremos con las conclusiones finales.

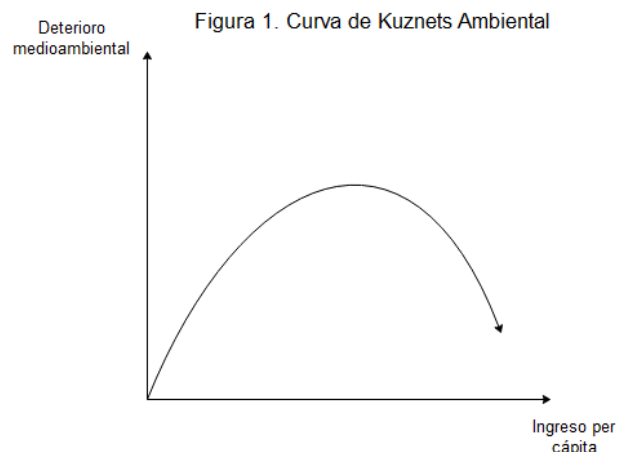
2. Revisión de la literatura

La producción y consumo de bienes y servicios, así como el consumo de energía tienen efectos adversos sobre el medio ambiente. Ambas variables están relacionadas con el crecimiento económico y la densidad de población, es decir, un mayor ingreso per cápita lleva a un mayor consumo; también es automático pensar que un mayor número de personas lleva a un mayor consumo y consecuentemente a una mayor generación de residuos.

Teniendo esto en cuenta, la economía ambiental plantea que el crecimiento económico es la causa y la solución a problemas medioambientales.

Kuznets (1995) teorizaba sobre la relación entre ingresos per cápita (crecimiento económico) y desigualdad de la renta con una curva de U invertida. “¿*Crece o decrece la desigualdad de la renta a medida que un país crece económicamente? ¿Qué factores determinan esta tendencia?*” esto es lo que se preguntaba Kuznets (Kuznets, 1955). De la misma forma y a partir del trabajo de Simon Kuznets aparecían en los años noventa teorías que relacionaban el crecimiento económico y la degradación medioambiental.

La idea detrás de esta relación es la siguiente, conforme la actividad económica va creciendo, también lo haría la degradación ambiental por lo que se consideraría que es una función creciente hasta un determinado nivel de renta, denominado *turning point*, a partir del cual un mayor nivel de renta iría acompañado de una mayor calidad medioambiental (Grossman & Krueger, 1991). Esta relación tiene un patrón de U-invertida y se conoce actualmente como Curva de Kuznets Ambiental (CKA) gracias a Panayotou (1993) que fue el primero en denominarla de esta forma (Fig. 1).



Fuente. Elaboración propia.

Siguiendo las ideas de Panayotou (1993), donde indicaba que hay una relación entre el nivel de desarrollo económico (medido por el PIB per cápita), el grado de importancia de cada sector en el PIB y su estructura. En países de ingreso bajo (subdesarrollados), la aportación de la industria al PIB es pequeña donde la economía está dominada por el sector primario. En países de ingreso medio (en desarrollo), la contribución de la industria se acerca a un tercio del PIB teniendo importancia sectores como la siderurgia, cemento o los químicos. En países de ingreso alto (desarrollados), el sector secundario se estabiliza o incluso pierde peso en el PIB dejando paso a la sofisticación de la tecnología (como la electrónica) y al sector servicios. Las emisiones de industrias como la siderurgia o la química son mayores que la electrónica o la del sector servicios por lo que estos cambios estructurales podrían ser suficientes para explicar la relación de U-inversa entre el nivel de desarrollo económico y el deterioro ambiental.

El cambio estructural incluye cambios en la forma social que el país está envuelto, tratado por Polanyi y su famoso *péndulo*; relocalización de la fuerza de trabajo hacia actividades de mayor productividad de Kaldor; o la renovación de la tecnología de Schumpeter y su *destrucción creativa*, a la que va ligada una mayor eficiencia energética. Energía y crecimiento económico van acompañados y aquellos países que utilizan fuentes de energía basados en fósiles como el carbón, que es una de las principales fuentes de emisiones de CO₂, tienen menores niveles de crecimiento.

El cambio estructural podría ser suficiente pero la evidencia sugiere que otros factores también son responsables en darle forma a la CKA como pueden ser la *elasticidad renta de la demanda de calidad medioambiental*, *efectos escala*, *tecnológico* y *de composición*, *comercio internacional*, *el mercado* y *la regulación*.

- Elasticidad renta de la demanda de calidad medioambiental. La demanda de calidad medioambiental de un consumidor puede variar dependiendo del nivel de desarrollo que se encuentre su país de residencia, es decir, dependiendo del nivel de vida que tenga ese consumidor. Con un mayor nivel de vida y con sus necesidades básicas como la educación, la asistencia sanitaria, o la nutrición, cubiertas, mayor será la importancia que le dará a la calidad del medio ambiente y su disposición a pagar por los servicios necesarios para obtenerla será mayor. Esto se verá reflejado en una mayor disposición a pagar impuestos medioambientales, a dar donaciones a organizaciones medioambientales, a adquirir productos a mayor precio pero que son menos perjudiciales al medio ambiente o incluso en ejercer una mayor presión a sus gobiernos para que

incrementen la legislación y protección del medio ambiente. Es por esta razón por la que se considera que un medio ambiente limpio es un bien de lujo, es decir, su consumo aumenta proporcionalmente más que al aumentar la renta y tiene una elasticidad renta superior a la unidad.

Para aquellas personas que dependen del sector rural, es decir, dependen del estado del medio ambiente y sus recursos, no les importará tener sus necesidades básicas cubiertas porque estas vendrán con una calidad medioambiental alta por lo que demandarán desde el principio mejoras ambientales, y sus ingresos afectarán a la capacidad de pago que tengan para hacer frente a impuestos, donaciones, o mayor consumo, pero su disposición a pagar se verá inalterada.

- Efectos escala, tecnológico y de composición. Incrementar la productividad requiere un mayor número de recursos naturales lo que contribuye al agotamiento de los mismos, además de que crear un mayor número de productos genera más desperdicios que influye negativamente en la calidad ambiental. Esto es lo que se conoce como el efecto escala.

Pero no todo es malo cuando se incrementa la productividad ya que esta puede venir de otras fuentes, como la mejora de tecnología. Además, esta mejora tecnológica conlleva un cambio estructural que, como hemos visto, lleva a actividades menos contaminantes. Esto es el llamado efecto de composición.

Teniendo esto en cuenta, se hace indispensable la inversión hacia esta fuente de crecimiento, la investigación y el desarrollo, que habilita el progreso tecnológico cambiando aquella tecnología obsoleta por aquella nueva, más eficiente y más limpia, que mejora el nivel de calidad ambiental. Esto es lo que conocemos como el efecto tecnológico.

Este tercer efecto implica, en primer lugar, que son aquellos países desarrollados los que tienen la capacidad para iniciar este proceso de investigación y desarrollo. En segundo lugar, este avance tecnológico permitirá no sólo aumentar la capacidad productiva, sino también aumentar la capacidad de sustitución de aquellos productos contaminantes por otros menos perjudiciales para el medio ambiente. Por último, son los países desarrollados los que mayor impacto global tienen sobre el medio ambiente por lo que son ellos los que tienen la responsabilidad mientras que los países subdesarrollados y en desarrollo pueden aprender de los desarrollados y adoptar aquellas tecnologías ya creadas que son menos contaminantes (Zilio, 2012).

En las primeras etapas de crecimiento, el efecto escala es el que predomina por lo que hay un impacto negativo en el medio ambiente pero conforme el país va creciendo económicamente y desarrollándose, los efectos positivos tanto del efecto tecnológico como el de composición tienden a superar los negativos del efecto escala por lo que el impacto medioambiental empezará a verse reducido dando lugar a una nueva pendiente negativa y creando el *turning point*.

- Comercio internacional. A día de hoy vivimos en un mundo globalizado y las acciones de un país afecta al resto de las civilizaciones. Esto también se aplica a la polución, ya sea incrementándola o reduciéndola. Al abrir el mundo al comercio libre, el volumen de intercambio de bienes y servicios aumentó y con ello las exportaciones por lo que llevó al efecto escala a aumentar la contaminación. Pero teniendo en cuenta el efecto tecnológico y de composición, los ingresos aumentaron gracias al comercio debido a bajadas de precios y el comercio no es sólo de bienes y servicios sino también de ideas por lo que las innovaciones también se ven afectadas positivamente.

La apertura económica puede tener un efecto positivo globalmente, aunque el signo del efecto es realmente ambiguo, pero, aunque así fuera, los países subdesarrollados no se beneficiarían. La apertura comercial significaría una vía de escape a la estricta legislación medioambiental a la que las empresas de los países desarrollados se encuentran sujetas hacia los países subdesarrollados y en desarrollo. Normalmente son industrias multinacionales, que son las más contaminantes, las que relocalizan sus fábricas hacia los países subdesarrollados. Esto es lo que se conoce como *Pollution Haven Hypothesis (PHH)* o Hipótesis del Paraíso para los Contaminantes.

Si las industrias de los países desarrollados se marchan por culpa de una fuerte regulación medioambiental, muchos gobiernos podrían plantearse reducir la legislación para que esas industrias se queden. Esto es un efecto denominado “*race to the bottom*” (Grether & Melo, 2002).

- El mercado. Existe un argumento que defiende la idea de que el comercio de recursos naturales puede prevenir que la degradación medioambiental crezca al mismo ritmo que los ingresos siempre y cuando se realice a través de un sistema de mercado, influyendo de esta manera a los precios. A medida que los países se van desarrollando, también lo hace la eficiencia con la que utilizan los recursos naturales, así como el mercado en el que se comercian. Un incremento en los precios de los recursos naturales reduciría su

consumo, disminuyendo la degradación medioambiental. Todo esto sólo será posible si el mercado es transparente ya que influye enormemente en el grado de competición del mercado, una de las características clave para que el mercado pueda influir a través de los precios.

- La regulación. La legislación es una de las formas más potentes para reducir la polución. Como hemos visto, si los consumidores tienen sus necesidades básicas cubiertas empezarán a demandar otros tipos de servicios, como una mayor protección medioambiental, y con un mayor nivel de renta, pueden elegir castigar a aquellas empresas que contaminen más y consumir los productos de aquellas empresas menos contaminantes.

Una de las formas más efectivas para afectar a la CKA es a través de los derechos de propiedad. Aquellos países con un mayor nivel de seguridad en la propiedad privada son más eficientes distribuyendo los recursos, lo que incrementa los ingresos y reduce problemas medio ambientales. Esto se debe a que los individuos tienen un mayor incentivo para controlar y acumular la riqueza.

La legislación no tiene por qué ser solamente a nivel local o estatal, también puede ser internacional a través de acuerdos internacionales que son firmados por diferentes países. La primera muestra de preocupación hacia el medio ambiente fue en una conferencia de las Naciones Unidas en Stockholm en 1972 donde se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, *United Nations Environment Programme*), un organismo que ayuda a los países en desarrollo a aplicar políticas ecológicas como la lucha contra el cambio climático o la desertificación. El siguiente gran paso fue la conferencia de Río de Janeiro en 1992 donde se realizó (y ratificó en 1994) la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, *United Nations Framework Convention on Climate Change*), cuyo objetivo es “alcanzar la estabilización de los gases de efecto invernadero concentrados en la atmósfera a un nivel que evite el perjuicio del medio ambiente” (UNFCCC, s.f.). Varios tratados se han llevado a cabo tras Río de Janeiro, uno de los más importantes es el Protocolo de Kyoto (1997) que da la responsabilidad de prevenir el cambio climático a los países desarrollados, mientras reconoce el derecho a los países en desarrollo y subdesarrollados de desarrollarse. Los países desarrollados tienen tres “mecanismos de flexibilidad” para llevar a cabo la reducción de emisiones: (Dutt, 2009)

1. Comercio de emisiones. Los países pueden comerciar con los permisos de emisiones, es decir, si un país va a contaminar menos de lo que sus permisos le conceden, puede comerciar esos permisos a otro país que vaya a contaminar más.
2. Mecanismo de desarrollo limpio. Países del anexo I pueden implementar proyectos de desarrollo sostenible que reduzcan las emisiones en países que no estén en el anexo I.
3. Mecanismo de aplicación conjunta. Países del anexo I pueden implementar conjuntamente proyectos que reducen las emisiones.

La idea principal de este tratado, firmado por 36 países, es que las emisiones globales de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)) se redujeran un 5% entre 2008 y 2012, en comparación con las emisiones de 1990, pero cada país vinculado tenía sus propios porcentajes. De los 36 países que adoptaron este compromiso, tan sólo 9 lo incumplieron, pero aun así las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado más de un 50%. Esto se debe a que entre los países firmantes no estaban Estados Unidos ni Canadá.

El último gran acuerdo llevado a cabo es el Acuerdo de París (2015) que vincula a 195 países y que tiene como objetivos *“mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales”, “Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover [...] un desarrollo con bajar emisiones de gases de efecto invernadero” y “situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero”* (UNFCCC, 2015). La principal diferencia al Protocolo de Kyoto es que no fija porcentajes de reducción de emisiones a cada país, sino que cada cual se fija a sí mismo sus propios objetivos de reducción de emisiones para 2025 o 2030.

En la literatura se han utilizado diferentes categorías para comprobar si cumplen con la curva de Kuznets. Una de ellas son los indicadores de la calidad del aire como las emisiones de SO₂, CO₂, o NO, que generalmente siguen una curva de U invertida. Un segundo indicador son los de la calidad del agua como la concentración de patógenos, la cantidad de metales pesados, o el nivel de deterioración del agua, donde se encuentra evidencia para confirmar que sigue una curva en forma de N. Otros indicadores utilizados

son la disponibilidad de agua potable, uso de energía, volumen de tráfico, o sanidad, pero la mayoría de estos indicadores no coinciden con la CKA. (Dinda, 2004)

Los resultados son diferentes dependiendo de la zona que se estudie. Cada país es único y tiene unas características propias como la estructura productiva, el nivel de comercio, el progreso tecnológico, los niveles de inversión, o los niveles de migración, entre otros. Todas estas variables son necesarias a tener en cuenta cuando realizamos un análisis empírico.

3. Canadá.

Canadá está situada en América del Norte, cuya forma de gobierno es la monarquía parlamentaria federal, es decir, la reina tiene la función de jefa de estado, pero no gobierna. Es el gobierno elegido democráticamente quien gobierna a través del parlamento. Canadá estuvo bajo dominio del Reino Unido y, desde su fundación en 1867, ha conservado un monarca británico como su propio. Actualmente la jefa de estado es la reina Isabel II y el primer ministro es Justin Trudeau.

Canadá es el segundo país con mayor superficie del mundo, por detrás de Rusia, ocupando casi la mitad del territorio de Norte América con 9.984.670 km². A pesar de la gran extensión, cuenta con una densidad población muy baja con 3'92 hab./km² y una población total de 37.067.011 habitantes (2018) aunque alrededor del 80% de su población vive en la zona sur que hace frontera con Estados Unidos. Las temperaturas pueden variar dependiendo de la ubicación, el interior cuenta con un clima continental haciendo que sea muy frío y la zona costera goza de un clima templado, siendo una zona más cálida pero más lluviosa.

Como ya se ha comentado, Canadá es una federación formada por diez provincias y tres territorios. Las provincias son Alberta, Columbia Británica, Manitoba, Nuevo Brunswick, Terranova y Labrador, Nueva Escocia, Ontario, la Isla del Príncipe Eduardo, Quebec y Saskatchewan. Los territorios son los Territorios del Noroeste, Nunavut y el Yukón. (Fig. 2). Las provincias cuentan con más competencias y derechos que un territorio, cuyos poderes les son delegados por el gobierno federal.

Figura 2. Mapa Geopolítico de Canadá



Fuente. OCDE

Su capital es Ottawa, pero la ciudad más poblada, de acuerdo con el censo de 2016, es Toronto con 2.731.57 habitantes mientras que Ottawa cuenta con 934.243 habitantes, convirtiéndola en la cuarta ciudad de Canadá en términos poblacionales. Ambas ciudades se encuentran en la provincia de Ontario, lo que la hace la provincia más poblada con 13.448.494 habitantes. Las ciudades que se encuentran en segunda y tercera posición son Montreal y Calgary, con 1.704.694 y 1.239.220 habitantes, respectivamente. También merece la pena mencionar a Edmonton, que ocupa la quinta posición con 932.546 habitantes.

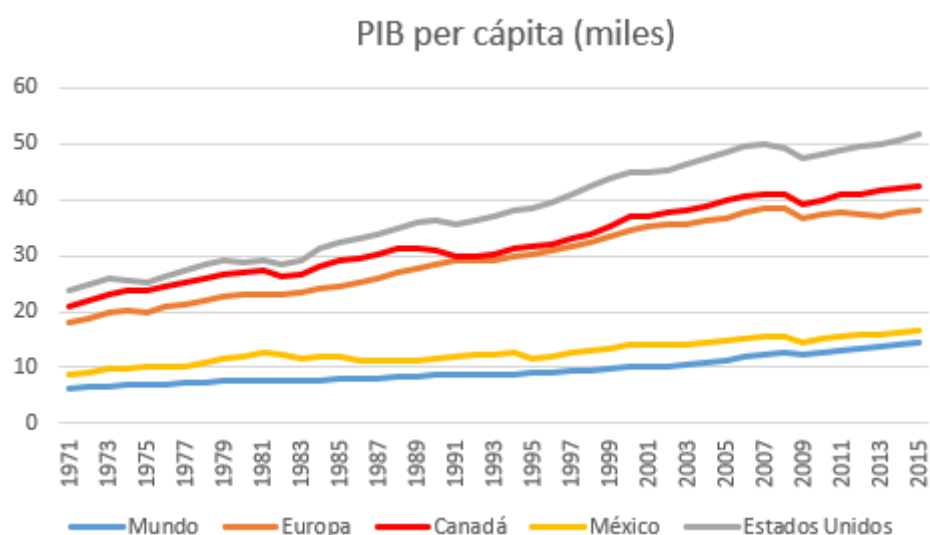
Canadá cuenta con dos idiomas oficiales: el inglés y el francés, reflejando así la historia del país. Canadá fue una colonia francesa desde 1534 hasta 1763, donde Gran Bretaña derrotó a los galos en la Guerra de los Siete Años tomando posesión de Canadá. De la misma forma, la moneda oficial de Canadá es el dólar canadiense cuya tasa de cambio respecto al dólar estadounidense fue de 0'73719 USD/CAD y respecto al euro fue de 0'63901 €/CAD, con fecha del 31 de diciembre de 2018.

Si hablamos sobre la influencia de Canadá internacionalmente observamos que Canadá es miembro fundador de la Commonwealth, organización compuesta por 53 estados que comparten lazos históricos con el Reino Unido cuyo objetivo es la cooperación; es miembro fundador de las Naciones Unidas, la mayor organización internacional diseñada para fomentar relaciones amistosas; se unió en 1989 a la Organización de los Estados Americanos (OAS, *Organization of American States*) firmando un tratado de comercio con los Estados Unidos; es miembro fundador de la Organización para la Cooperación y

el Desarrollo Económico (OCDE), organismo de cooperación internacional compuesto por 36 estados; y pertenece al Grupo de los siete (G7), que representa las siete potencias democráticas mundiales, así como al Grupo de los ocho (G8).

Como vemos, Canadá es una de las 10 economías más importantes del mundo. El PIB per cápita, uno de los mejores indicadores del nivel de vida, fue de 45.032 US\$ (40.038€ o 60.268 CAD) en 2017, ocupando la plaza dieciocho de doscientos cuarenta países que forman la lista por lo que podemos intuir que su población goza de un buen nivel de vida. Podemos observar que Canadá está muy por encima de la media mundial, cuyo PIB per cápita es de 10.721 US\$ (Fig. 3). Y la tasa de variación anual del Índice de Precios al Consumidor (IPC) del año 2018 fue de 1'99%. (TheWorldBank, s.f.)

Figura 3. Comparación PIB per cápita Canadá



Fuente. Elaboración propia a través de datos de la OCDE, 2017

Para ver si realmente una sociedad goza de un buen nivel de vida debemos fijarnos en otros indicadores como el Índice de Desarrollo Humano (IDH), elaborado por las Naciones Unidas para medir el progreso de un país; el coeficiente de Gini, medida de desigualdad; el Informe PISA, estudio de la OCDE que mide el rendimiento académico de alumnos de 15 años en matemáticas, ciencia y lectura; o incluso el Índice de percepción de corrupción, que mide los niveles de percepción de corrupción en el sector público.

Veamos datos de estos índices. El IDH de Canadá en 2017 fue de 0'926, situándose en el puesto decimo segundo, gracias a las tres variables que tiene en cuenta: esperanza de vida (83'3 años), tasa de mortalidad (7'5‰), y la renta per cápita (40.038€). El coeficiente de

Gini en 2013 fue de 34 puntos, inferior a los 40 puntos que pone de límite alarmante las Naciones Unidas donde habría una gran diferencia entre ricos y pobres. El informe PISA de 2015 sitúa a Canadá en el séptimo lugar entre setenta países evaluados. Y, por último, el índice de percepción de corrupción emplaza a Canadá en la octava posición global, por lo que se encuentra entre los países menos corruptos del mundo. Con toda esta nueva información podemos afirmar que Canadá es uno de los países que tiene mejor calidad de vida.

Actualmente, Canadá es una de las potencias mundiales con un crecimiento del PIB del 3% en 2017 (TheWorldBank, s.f.) y las previsiones del Fondo Monetario Internacional (FMI) son de un crecimiento del PIB del 2% para 2019 y del 1´8% en 2020. Que Canadá crezca a los ritmos esperados por el FMI, a mayores ritmos, o a peores, dependerá enormemente del nivel de los precios mundial del petróleo ya que Canadá es uno de los mayores productores de crudo del mundo y es el tercero en el mundo si hablamos de reservas. Canadá tiene una deuda pública del 87´3% del PIB en 2018 pero se espera que disminuya en los próximos años (84´7% en 2019). También se espera que, con la combinación de una alta deuda en los hogares, un aumento en las tasas de interés y una desaceleración del crecimiento salarial haga que el gasto familiar disminuya por lo que la inversión será clave para el futuro canadiense. La tasa de desempleo se situó en 2018 en un 6´1% y se espera que se mantenga estable durante los próximos años. (Santander, 2019)

La economía canadiense exportó un 30´2% de su PIB en 2018, siendo los productos energéticos (petróleo, gas natural...) los primeros de la lista, seguidos por los productos del sector automovilístico y por los servicios comerciales. Por el otro lado, las importaciones de bienes y servicios en 2018 fueron del 29´5% del PIB, siendo los productos de la industria automotriz los primeros, seguidos por los bienes de consumo (comida, ropa, productos farmacéuticos...), los productos electrónicos y los servicios comerciales. El mayor socio comercial de Canadá, tanto para las exportaciones como para las importaciones, es Estados Unidos; un 77% de las exportaciones van dirigidas hacia el país norteamericano mientras, al mismo tiempo, un 67% de las importaciones de Canadá provienen de Estados Unidos. Otros socios comerciales son la Unión Europea, China, México o Japón.

No es de extrañar que Estados Unidos, junto con México, sea el socio comercial más importante de Canadá dado que firmaron un acuerdo en 1993. El conocido Tratado de

Libre Comercio de América del Norte (NAFTA, *North America Free Trade Agreement*) eliminó las barreras comerciales entre los tres países. Canadá se benefició del acuerdo ya que incrementó su volumen de comercio, incrementó la inversión extranjera directa (la inversión de Estados Unidos incremento en un 243% en veinte años), y hubo un mayor movimiento de personas junto con mayores oportunidades laborales.

Canadá es un país diverso cuyas industrias varían dependiendo de la provincia o territorio que mires. La Columbia Británica depende de recursos naturales como la minería o el talado de árboles; Alberta tiene grandes reservas de petróleo y gas natural, 35% de empresas del petróleo residen en esta provincia; así como una abundancia de níquel y uranio; Manitoba y Saskatchewan producen el 20% de trigo del mundo; Ontario y Quebec forman el centro industrial del país; y las provincias costeras como Nuevo Brunswick, Nueva Escocia, o la Isla del Príncipe Eduardo dependen del sector pesquero.

Para entender mejor la economía canadiense, necesitamos observar la estructura sectorial del país, es decir, el *sector primario*, el *sector industrial*, y el *sector servicios*.

- El sector primario. El sector primario está formado por las industrias agrícola, la agroalimentaria, la pesquera o la minera. El sector agrícola, junto con la agroalimentaria, representó el 6´7% del PIB en 2016 representando un 12´5% de empleo, convirtiendo al país en uno de los principales exportadores de estos productos del mundo, aunque estos productos van dirigidos, en su mayoría, a Estados Unidos. La contribución de la agricultura a la economía canadiense está creciendo y se espera que continúe con esta tendencia gracias a una mayor variedad de productos y a los avances tecnológicos que llegarán con las inversiones en innovación que el gobierno está llevando a cabo. El gobierno invirtió en investigación 557 millones de dólares en 2016.

La industria minera en Canadá tiene mucha importancia. Representa un 5% del PIB y emplea a 363.000 trabajadores siendo el mayor productor de uranio, y alcanzando el top 5 en la extracción del níquel y de diamantes.

- El sector industrial. El sector manufacturero representa más del 10% del PIB, a pesar de que la crisis financiera de 2008 afectó enormemente al sector, empleando a 1´7 millones de personas. Canadá es un país que está envejeciendo y hay una preocupación del estado por falta de oferta de empleo en algunos sectores como el de la manufactura por lo que ofrece subvenciones y programas de entrenamiento para atraer a extranjeros y que trabajen en el país. La manufactura del automóvil destaca en Canadá y países con grandes

industrias automovilísticas como Estados Unidos y Japón importan los componentes para sus industrias de Canadá.

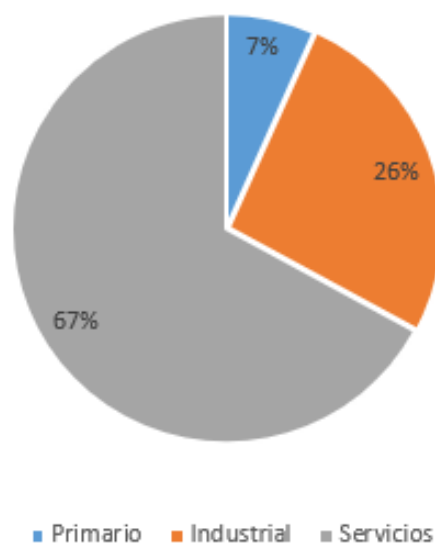
Canadá se ha convertido en un líder mundial en el sector energético gracias a su abundancia de petróleo y de gas natural. Pero el sector no sólo depende de estas reservas, sino que también hay grandes plantas hidroeléctricas en Quebec, Ontario y Saskatchewan. Además, Canadá está invirtiendo en energía solar y eólica para asegurar la prosperidad del país.

Otro sector altamente valorado en Canadá es el tecnológico, que está prosperando en áreas como en redes sociales, infraestructura inalámbrica, comercio electrónico y demás servicios de internet. Actualmente, el país está intentando atraer nuevas compañías extranjera con una nueva Visa (*Canadian Start-Up Visa*).

- El sector servicios. Como cualquier país desarrollado, el sector servicios tiene un peso mayúsculo con un 75% de empleo y siendo el 67.1% del PIB canadiense en 2016. Transporte, sanidad, servicios financieros, comunicación o turismo son algunos de los servicios más importantes del país. Los centros neurálgicos de estas industrias son ciudades como Vancouver, Toronto o Montreal. Alrededor del 80% de empleo de estas metrópolis vienen del sector servicios. Durante los últimos cinco años, los servicios sociales y de la salud han crecido enormemente debido al envejecimiento de la sociedad

A continuación, podemos observar la aportación de cada sector al PIB (Fig. 4).

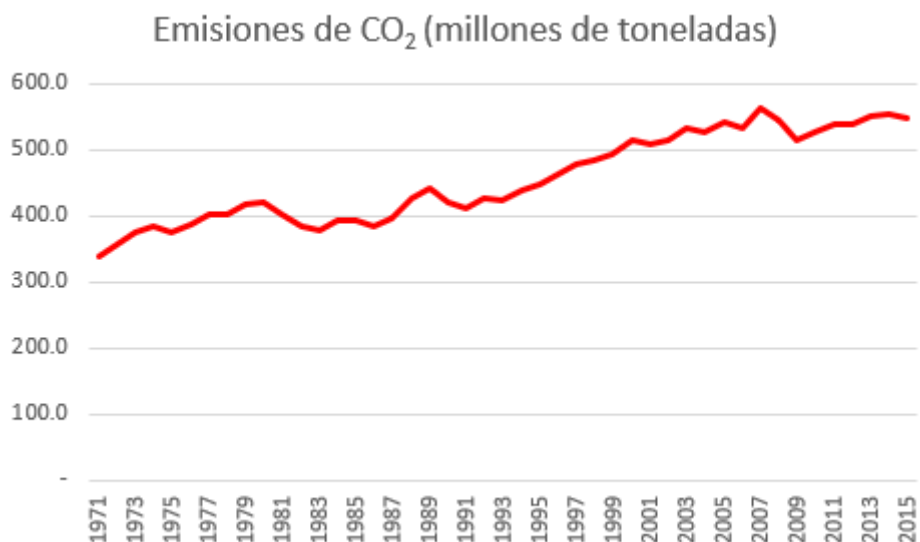
Figura 4. Estructura sectorial de Canadá (% PIB)



Fuente. Elaboración propia.

Canadá forma parte de la UNFCCC, cuyo objetivo principal es la reducción de las gases de efecto invernadero. Además, Canadá firmó el Protocolo de Kyoto donde se comprometió a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero un 6% respecto a sus niveles de 1990 entre los años 2008-2012. En 2006, Canadá admitió que no podría cumplir su promesa y, efectivamente, en diciembre de 2011, se retiraba del Protocolo. En mayo de 2015, Canadá anunció su intención de reducir las emisiones de estos gases en un 30% respecto a los niveles de 2005 para el año 2030. En la figura 5 podemos observar que las emisiones de dióxido de carbono en 2005 fueron de 541 millones de toneladas, lo que significaría que para 2013 tendría que reducir las emisiones hasta los 379 millones de toneladas.

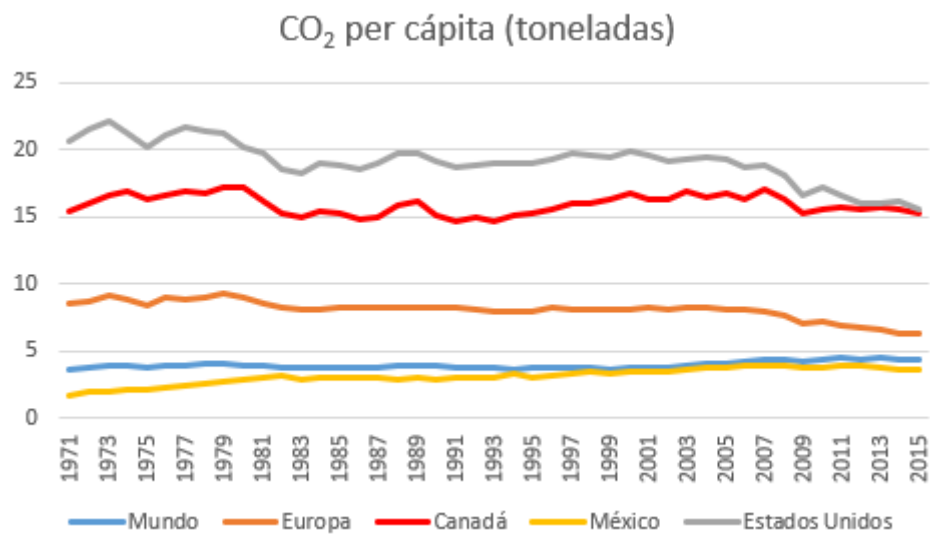
Figura 5. Emisiones de CO₂ (millones de toneladas)



Fuente. Elaboración propia a través de datos de la OCDE, 2017.

Gracias a la figura 6 podemos ver que Canadá tiene unos niveles de CO₂ per cápita muy altos, a niveles similares de Estados Unidos. Esto se debe a que, como veremos más adelante, tiene unos niveles muy altos de intensidad energética.

Figura 6. CO₂ per cápita (toneladas)

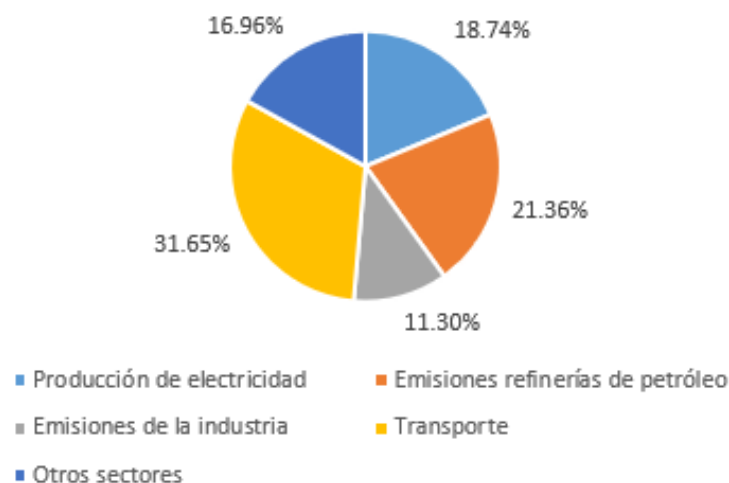


Fuente. Elaboración propia a través de datos de la OCDE, 2017.

El mayor gas de efecto invernadero en Canadá es el dióxido de carbono (CO₂), acumulando hasta el 78% del total en 2013. A continuación, podemos observar cómo se distribuyen las emisiones respecto a cada sector. Hasta un 81% de todas las emisiones de gases invernadero provienen del sector de la energía (petróleo, electricidad, industria, transporte) (Fig. 7)

Figura 7. Porcentaje de emisiones de cada sector.

Porcentaje de emisiones de cada sector (2015)



Fuente. Elaboración propia a través de datos de la OCDE, 2017.

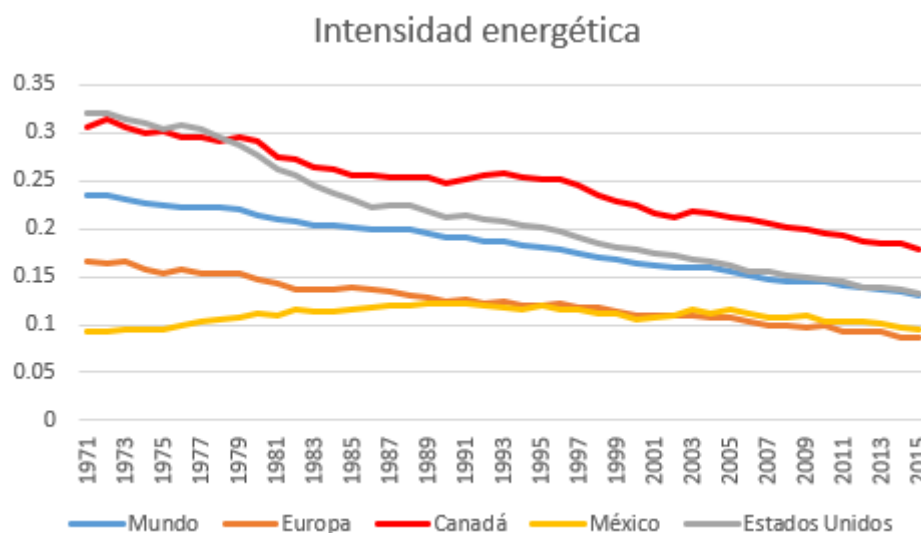
La responsabilidad de todos los asuntos relacionados con el medio ambiente (regulación de los gases de efectos invernaderos, cambio climático, conservación y protección del medio ambiente, etc.) corresponde al gobierno federal que debe actuar bajo la CEPA

(*Canadian Environmental Protection Act*) de 1999, que proporciona la autoridad para regular las emisiones de gases invernadero; y también bajo el Acta de Eficiencia Energética (*Energy Efficiency Act*) de 1992, que proporciona la autoridad necesaria para regular los estándares eficiencia energética para algunos productos.

En mayo de 2015, junto con el anuncio de reducir las emisiones de gases invernadero, Canadá anunció un paquete de medidas para la consecución de sus objetivos. El objetivo principal sería la reducción de las emisiones de CO₂ y metano que, combinados, constituyen el 93% de las emisiones de gases invernadero de Canadá. Las medidas se llevarán a cabo en los sectores petrolíferos, en la producción de productos químicos y fertilizantes y en el sector eléctrico.

Canadá es una de las economías más intensivas energéticamente¹ hablando. Esto se debe a su gran extensión geográfica por lo que necesita un mayor nivel de transporte; necesita exportar grandes cantidades de energía; tiene la necesidad de calefacción debido a que es un país frío; y tiene unos altos estándares de vida. Observando la figura 8 podemos ver que la intensidad energética está por encima incluso de los Estados Unidos.

Figura 8. Intensidad energética.



Fuente. Elaboración propia a través de datos de la OCDE, 2017.

Aunque Canadá haya conseguido disminuir tremendamente su intensidad energética en términos totales, hay sectores como el de la producción de petróleo y gas, o las refinerías, donde el uso de energía ha aumentado durante la última década. Hacen falta más políticas

¹ Cuando hablamos del concepto de intensidad energética (EI, *energy intensity*) nos referimos a la cantidad de energía que consume un país por cada unidad de PIB.

que ayuden a consumidores y empresas a reducir sus costes energéticos; un programa para proporcionar alternativas en los combustibles; y un uso más eficiente de las centrales térmicas, reduciendo las emisiones de CO₂. (IEA, 2015)

Actualmente, en el país vecino de Canadá, Estados Unidos, hay un debate que pretende descarbonizar la economía estadounidense en 10 años, haciendo que el segundo país con mayores emisiones de gas invernadero tenga un nivel neto cero de emisiones. El llamado Green New Deal, lanzado por la congresista demócrata Alexandria Ocasio-Cortez, habla sobre apostar por energías renovables, transporte limpios, adaptar la industria, la agricultura y la construcción; y sienta las bases para un nuevo sistema productivo.

En Canadá, el presidente Justin Trudeau, lanzó el 1 de abril de 2019 un impuesto a las emisiones de CO₂ (*carbon tax*) sobre aquellas provincias que no tenían ningún plan para reducir sus emisiones. Este impuesto afecta principalmente a productores y distribuidores de petróleo imponiendo un pago por cada tonelada de dióxido de carbono que emitan.

4. Evidencia empírica. La curva de Kuznets de Canadá.

La relación entre polución e ingresos de la CKA se puede obtener teóricamente, pero utilizaremos el siguiente estándar modelo para analizar dicha relación: (Dinda, 2004)

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it} + \beta_2 x_{it}^2 + \beta_3 x_{it}^3 + \beta_4 z_{it} + \varepsilon_t$$

Donde y es un indicador medioambiental, en nuestro caso serán las emisiones de CO₂ per cápita (CO₂pc) en toneladas; x es el PIB per cápita (PIBpc) en miles; x^2 es el PIB per cápita al cuadrado (PIBpc²); x^3 es el PIB per cápita al cubo (PIBpc³); z es otra variable distinta que influye en la degradación medioambiental, en nuestro caso añadiremos la intensidad energética (IE) primero y después el consumo eléctrico total (CE) en toneladas; ε_t representa el error aleatorio; t es el tiempo; e i representa un país, nosotros utilizaremos el caso de Canadá.

Este modelo nos proporciona varias maneras en las que la relación crecimiento económico y degradación medioambiental puede tomar forma:

1. $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, donde no existe relación entre crecimiento económico y degradación medioambiental.
2. $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$, donde la relación es creciente.
3. $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$, donde la relación es decreciente.

4. $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$., donde la relación tiene forma de U invertida.
5. $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ y $\beta_3 = 0$., donde la relación tiene forma de U.
6. $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$., donde la relación tiene forma de N.
7. $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ y $\beta_3 < 0$, donde la relación tiene forma de N invertida.

El *turning point* de la relación del punto 4 se encontrará en $x^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$

Los datos que vamos a utilizar para analizar Canadá provienen de la base de datos de la OCDE y el programa para analizar los datos es Gretl.

Como hemos comentado, la variable dependiente será el CO₂pc y estudiaremos cómo se comporta esta variable con tres modelos, un primer modelo que será el básico contando tan sólo con el PIBpc y PIBpc al cuadrado; un segundo modelo donde añadiremos la intensidad energética; y un tercer modelo donde eliminaremos la intensidad energética y se añadirá el consumo eléctrico total.

Los datos con los que vamos a trabajar son de serie temporal² de periodicidad anual. En el análisis econométrico de series temporales es imprescindible saber si el proceso estocástico³ con el que se trabaja es estacionario o integrado de orden d.

Para ello, lo primero que vamos a realizar en Gretl es convertir en logaritmos todas las variables que vamos a utilizar. Esto es recomendable porque hace que la dispersión sea más constante.

Seguidamente, vamos a realizar el test aumentado de Dickey-Fuller (ADF) sobre los logaritmos de las variables para contrastar la estacionariedad. Se incluirán constante y tendencia al chequeo de DF exceptuando a la variable CO₂pc que tan sólo incluiremos constante debido a que la variable temporal no es relevante (al realizar el modelo CO₂pc = $\beta_1 + \beta_2 t + u$, el p-valor del tiempo es de 0'4348 por lo que rechazamos la hipótesis nula de no significación). Estos resultados se pueden observar en la tabla 1 y utilizaremos este procedimiento para cada variable para saber si hay que incluir al chequeo de DF constante, tendencia o ambos.

² Una serie temporal es aquella donde las variables están recogidas secuencialmente en el tiempo.

³ Proceso estocástico se entiende como un conjunto de variables aleatorias que se suceden en el tiempo.

Tabla 1. MCO del modelo $CO2pc = \beta_1 + \beta_2 t + u$

Model 10: OLS, using observations 1971-2015 (T = 45)

Dependent variable: l_CO2pc

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value
const	2.77795	0.0140414	197.8	2.82e-065 ***
time	-0.000419115	0.000531600	-0.7884	0.4348
Mean dependent var	2.768315	S.D. dependent var	0.046114	
Sum squared resid	0.092232	S.E. of regression	0.046313	
R-squared	0.014249	Adjusted R-squared	-0.008675	
F(1, 43)	0.621581	P-value(F)	0.434786	
Log-likelihood	75.42534	Akaike criterion	-146.8507	
Schwarz criterion	-143.2373	Hannan-Quinn	-145.5037	
rho	0.772559	Durbin-Watson	0.444966	

Log-likelihood for CO2pc = -49.1488

Los resultados de todos los ADF se pueden observar en la tabla 2 donde se puede apreciar que necesitaremos tomar primeras diferencias en todas las variables ya que todos los p-valores son mayores a 0'05 por lo que no podemos rechazar la hipótesis nula de *al menos una diferencia* ($d=1$).

Tabla 2. Resultados ADF sobre los logaritmos.

	CO2pc	PIBpc	PIBpc2	IE	CE
p-valor	0'1928	0'1591	0'1701	0'7745	0'7932

Tenemos que continuar realizando ADF sobre las primeras diferencias, pero esta vez con la hipótesis nula de *al menos* $d=2$. Para la variable CO2pc se realizará el ADF sin constante ni tendencia; para el PIBpc tanto la constante como la tendencia; para el PIBpc2 la constante; para la IE sin constante ni tendencia; y la CE con constante y tendencia. Los p-valores se pueden observar en la tabla 3 donde obtenemos valores por debajo de 0'05 en casi todas las variables por lo que rechazamos la hipótesis nula para esas variables. Queda comprobado que las series son integradas de primer orden exceptuando la intensidad energética, que tendremos que realizar una diferencia más.

Tabla 3. Resultados ADF sobre las primeras diferencias.

	CO2pc	PIBpc	PIBpc2	IE	CE
p-valor	5.036e-009	0'00178	0'0003622	0'3944	4'579e-07

Finalmente, comprobamos que la intensidad energética será $I(2)$ ya que al realizar ADF sin constante ni tendencia obtenemos un p-valor de $4.59e-005$ por lo que rechazaremos la hipótesis nula.

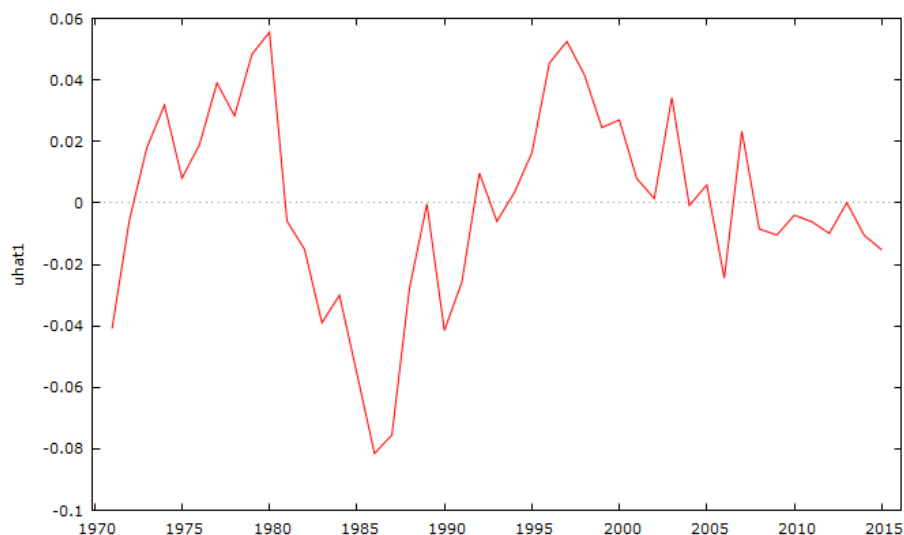
Al aplicar diferencias, lo que estamos haciendo es provocar un cambio en la especificación del modelo que afectará a su interpretación. Si no hubiera estacionariedad, lo que estaríamos comprobando es la variación que una variable ha sufrido en el último periodo por lo que no es apropiado para análisis a largo plazo. (Calvo, 2017)

A continuación, vamos a comprobar si existe una relación de largo plazo, y para ello vamos a utilizar el test de Engle-Granger cuyo concepto de cointegración explica que entre dos variables con el mismo orden de integración puede existir una combinación lineal estacionaria. En nuestro caso, si las variables son $I(1)$, para que estas series estén cointegradas es necesario que los errores del modelo en logaritmos (sin diferencias) sean $I(0)$.

Lo primero que vamos a hacer es especificar los modelos sin diferencias, pero en logaritmos (junto con la variable que indica tendencia, por que las series originales muestran tendencia). Seguidamente, sacamos los residuos de los modelos y comprobamos con el ADF (sin constante ni tendencia) si los residuos son estacionarios o no.

Realizamos MCO del primer modelo (el MCO se realiza sin diferencias, como hemos comentado anteriormente), $l_CO2pc = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 l_PIBpc + \beta_4 l_PIBpc^2 + u$, y seguidamente sacamos sus residuos. Para el estudio de los residuos podemos utilizar el gráfico de series temporales.

Gráfico 1. Series temporales de los residuos del modelo 1



El p-valor obtenido de ADF es de 0.01041 pero este valor no es válido ya que hay que mirar las tablas del contraste de cointegración (tabla 4). Para saber si los residuos son estacionarios o no, utilizaremos el estadístico de contraste obtenido que es de -2.55089 y comparándolo con la tabla vemos que para la regresión c (incluye tendencia), un nivel de significación del 5% y dos variables incluidas en el modelo el punto crítico es de -4.16. Con estos resultados no rechazamos la hipótesis nula de que los residuos sean no estacionarios por lo que las variables del modelo 1 no están cointegradas.

Tabla 4. Contraste de cointegración.

Table 6.1. *Critical values for the ADF t-statistic and Z_t*

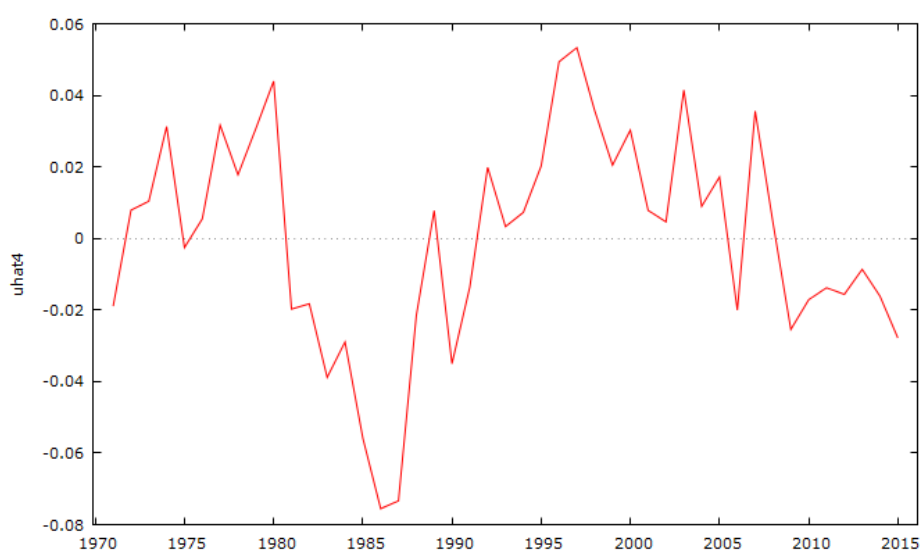
N	Regression (a)			Regression (b)			Regression (c)		
	1%	5%	10%	1%	5%	10%	1%	5%	10%
1	3.39	2.76	2.45	3.96	3.37	3.07	4.36	3.8	3.52
2	3.84	3.27	2.99	4.31	3.77	3.45	4.65	4.16	3.84
3	4.30	3.74	3.44	4.73	4.11	3.83	5.04	4.49	4.20
4	4.67	4.13	3.81	5.07	4.45	4.16	5.36	4.74	4.46
5	4.99	4.40	4.14	5.28	4.71	4.43	5.58	5.03	4.73

Source: Phillips and Ouliaris (1990, p. 190).

Seguimos con el estudio de cointegración del modelo 2: $l_CO2pc = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 l_PIBpc + \beta_4 l_PIBpc2 + \beta_5 l_IE + u$. Como hemos visto, la intensidad energética es $I(2)$ mientras el resto de las variables son $I(1)$ por lo que según (Universidad de los Andes, s.f.) las series no están cointegradas, "si dos variables están integradas de diferentes órdenes, digamos que una es $I(1)$ y la otra de orden $I(2)$, no habrá cointegración".

Finalizaremos con el modelo 3, $l_CO2pc = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 l_PIBpc + \beta_4 l_PIBpc2 + \beta_5 l_CE + u$, donde hemos eliminado la intensidad energética por lo que todas las variables son de orden $I(1)$. Se hace necesario un MCO sin diferencias y sacar sus residuos, cuyo gráfico de series temporales se pueden observar en el gráfico 2.

Gráfico 2. Series Temporales de los residuos del modelo 3



Realizamos el ADF sin constante ni tendencia de los residuos y obtenemos un estadístico de contraste de -2.98895 por lo que comparándolo con la tabla 3 utilizando la regresión c (sin tendencia), un nivel de significación del 5% y tres variables obtenemos un punto crítico de -4.49 por lo que no rechazamos la hipótesis nula y obtenemos que no hay cointegración.

Ya hemos determinado que como no hay relación a largo plazo en ninguno de los modelos, vamos a utilizar mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para comprobar la relación a corto plazo y chequearemos tres componentes: la homocedasticidad⁴ de los errores, la autocorrelación⁵ y la normalidad de los errores.

Vamos a realizar un primer modelo básico (modelo 1) cuya estimación MCO, para el periodo 1971-2015, se puede observar en la tabla 5 donde vemos que el R^2 llega al 42%, por lo que esta variable explica bastante bien las emisiones de CO_2 . Además, las variables no son significativas y el signo del PIBpc es negativo y del PIBpc2 es positivo lo que indica una relación en forma de U.

⁴ Homocedasticidad hace referencia a que la varianza de los errores es constante a lo largo del tiempo, por lo que es deseable ya que hace al modelo más fiable.

⁵ Autocorrelación se refiere a situaciones donde las observaciones de la variable dependiente no son independientes, algo muy habitual en datos de series temporales.

Tabla 5. Estimación MCO del modelo 1.

Model 4: OLS, using observations 1972-2015 (T = 44)
Dependent variable: d_l_CO2pc

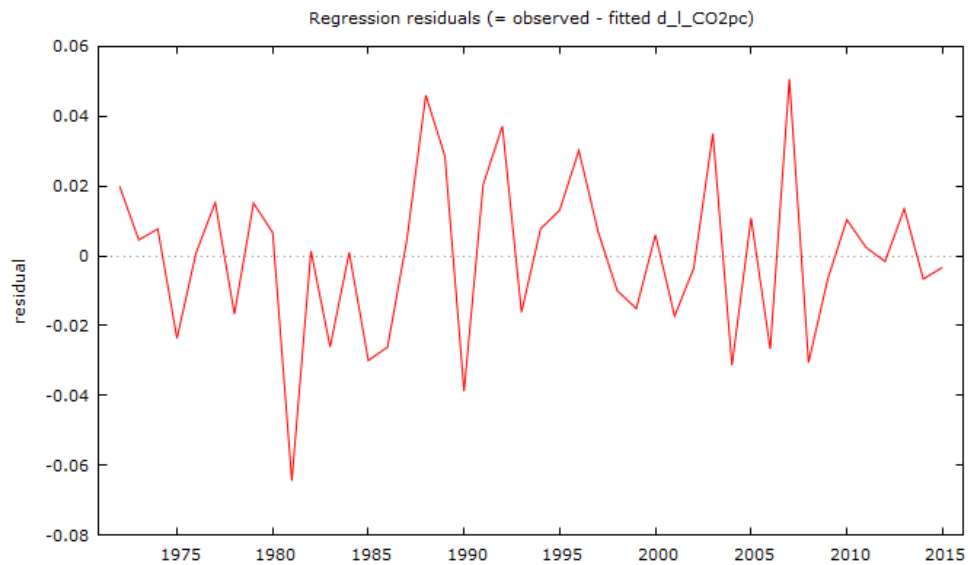
	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	-0.0155703	0.00456042	-3.414	0.0015	***
d_l_PIBpc	-0.334146	2.41780	-0.1382	0.8908	
d_sq_l_PIBpc	0.191221	0.357613	0.5347	0.5957	
Mean dependent var	-0.000249	S.D. dependent var		0.030893	
Sum squared resid	0.023575	S.E. of regression		0.023979	
R-squared	0.425548	Adjusted R-squared		0.397526	
F(2, 41)	15.18619	P-value (F)		0.000012	
Log-likelihood	103.2656	Akaike criterion		-200.5312	
Schwarz criterion	-195.1786	Hannan-Quinn		-198.5462	
rho	-0.203502	Durbin-Watson		2.389518	

Para comprobar si el modelo está bien especificado, realizamos el contraste RESET de Ramsey cuyo resultado nos da un p-valor muy por encima del nivel de significación ($\alpha = 0.05$), por lo que no rechazamos la hipótesis nula ($H_0 = \text{forma funcional correcta}$), es decir, el modelo está bien especificado y por lo tanto es válido.

A continuación, realizamos el test de White para analizar si hay homocedasticidad obteniendo un p-valor de 0.543729, número superior a 0.05 por lo que no tenemos evidencias para poder rechazar la hipótesis nula de homocedasticidad.

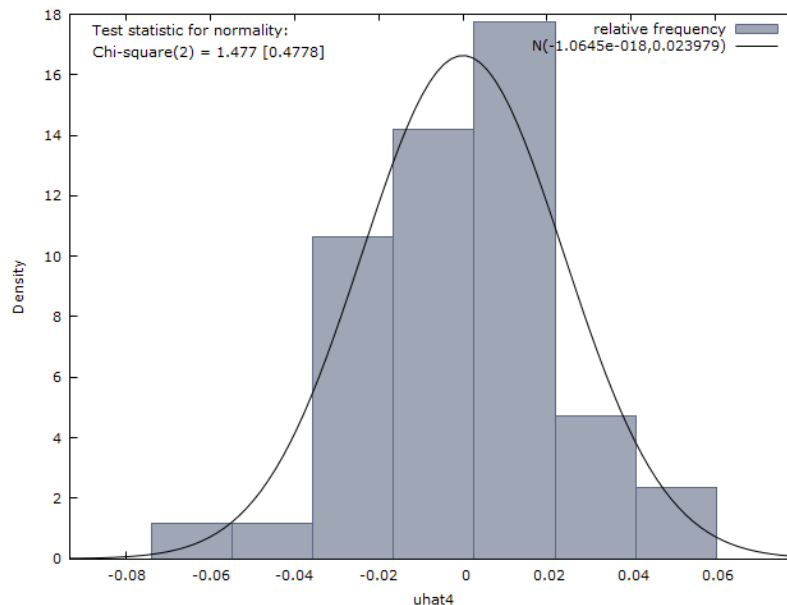
Continuamos con el análisis de autocorrelación, donde observando el gráfico 3 se puede inferir que no habrá problemas de autocorrelación ya que no podemos ver un patrón. Utilizaremos el test de Breusch-Godfrey de orden 1 para confirmar nuestra intuición y el resultado nos da un p-valor de 0.188527, claramente superior a 0.05 por lo que no rechazamos la hipótesis nula de no autocorrelación.

Gráfico 3. Residuos de la regresión del modelo 1.



Procedemos a analizar el gráfico de la normalidad de los residuos (gráfico 4). Como observamos en el histograma, hay razones para pensar en que hay normalidad en el modelo. Esto se confirma por el resultado del p-valor -0.477806 que es claramente superior al nivel de significación 0.05 por lo que no tendríamos ninguna evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad.

Gráfico 4. Normalidad de los residuos del modelo 1.



Seguimos con el estudio de nuestros modelos añadiendo una nueva variable que indica los niveles de intensidad energética del país pero, como hemos visto, esta variable está integrada en un orden $I(2)$ diferente al resto $I(1)$ por lo que hemos concluido que no

está cointegrada y por lo tanto no podremos utilizar los métodos convencionales de estimación ya que producirían resultados espurios. (Asteriou, 2002) (Montero, 2013)

Seguimos con nuestro último modelo donde eliminaremos la intensidad energética e incluiremos el consumo eléctrico total. La estimación MCO de este nuevo modelo se puede observar en la tabla 6 donde vemos que la inclusión de la nueva variable apenas ha aumentado el R^2 hasta un 45%. La adición del consumo eléctrico total no ha hecho que las ninguna variable gane significatividad, que tampoco la tiene el consumo eléctrico.

Tabla 6. Estimación MCO del modelo 3.

Model 8: OLS, using observations 1972-2015 (T = 44)
Dependent variable: d_l_CO2pc

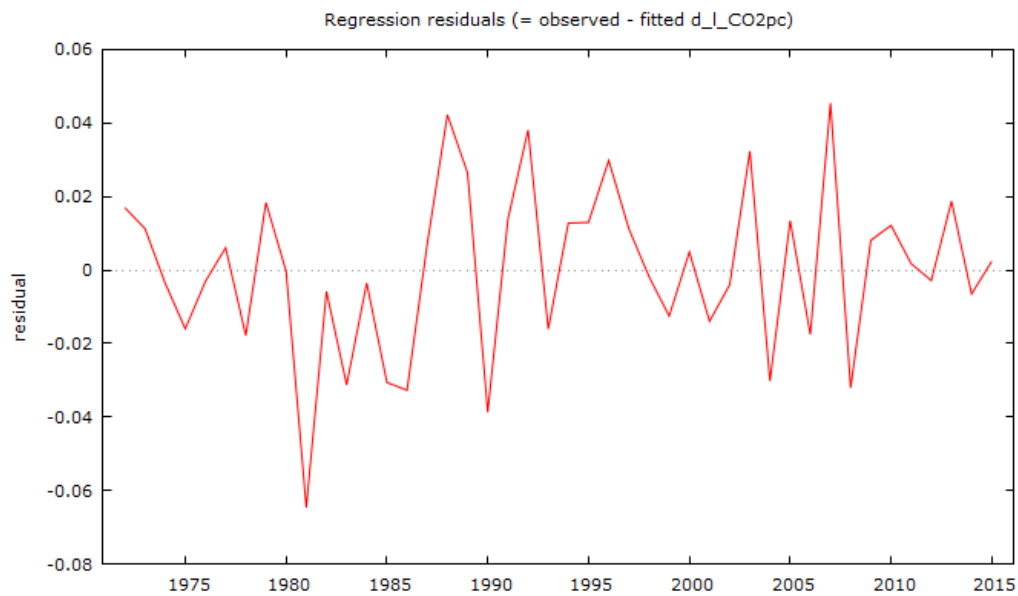
	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	-0.0177073	0.00474230	-3.734	0.0006	***
d_l_PIBpc	-1.98670	2.65024	-0.7496	0.4579	
d_sq_l_PIBpc	0.405334	0.383291	1.058	0.2966	
d_l_CE	0.243088	0.169349	1.435	0.1589	
Mean dependent var	-0.000249	S.D. dependent var		0.030893	
Sum squared resid	0.022420	S.E. of regression		0.023675	
R-squared	0.453689	Adjusted R-squared		0.412716	
F(3, 40)	11.07280	P-value (F)		0.000020	
Log-likelihood	104.3706	Akaike criterion		-200.7413	
Schwarz criterion	-193.6045	Hannan-Quinn		-198.0946	
rho	-0.115498	Durbin-Watson		2.217911	

Realizamos el contraste RESET para comprobar si el modelo está bien especificado y obtenemos un p-valor de 0'899175, que es mayor al nivel de significación $\alpha = 0'05$ -, por lo que no rechazamos la hipótesis nula de *forma funcional correcta*.

Seguimos con la realización del test de White para analizar si hay homocedasticidad obteniendo un p-valor de 0'410732, por lo que no tenemos evidencias para poder rechazar la hipótesis nula de homocedasticidad.

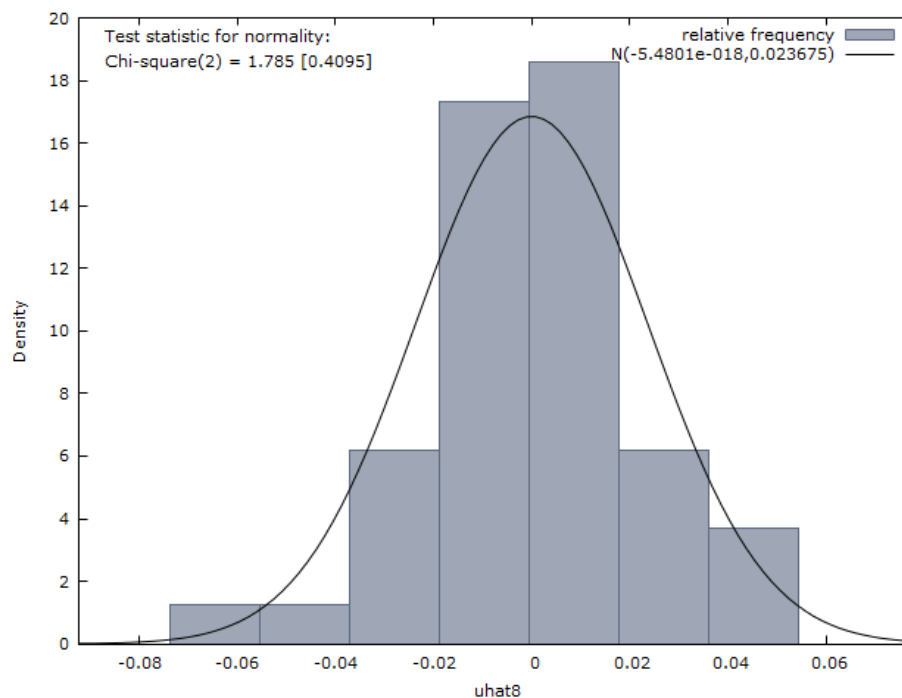
Repetimos el proceso del análisis de autocorrelación y analizamos el gráfico 5 que analiza los residuos donde podemos ver que no hay un patrón claro por lo que intuimos que no hay correlación. Utilizamos el test de Breusch-Godfrey de orden 1 para cerciorarnos y el resultado nos da un p-valor de 0'458313 por lo que podemos confirmar la ausencia de problemas de autocorrelación.

Gráfico 5. Residuos de la regresión del modelo 3.



Finalizamos la fase de chequeo de este modelo con el análisis de normalidad de los residuos y esto lo realizamos de la misma manera que anteriormente, con un gráfico - gráfico 6- y con el test de normalidad donde obtenemos un p-valor de 0.409529 por lo que confirmamos la existencia de normalidad en los residuos.

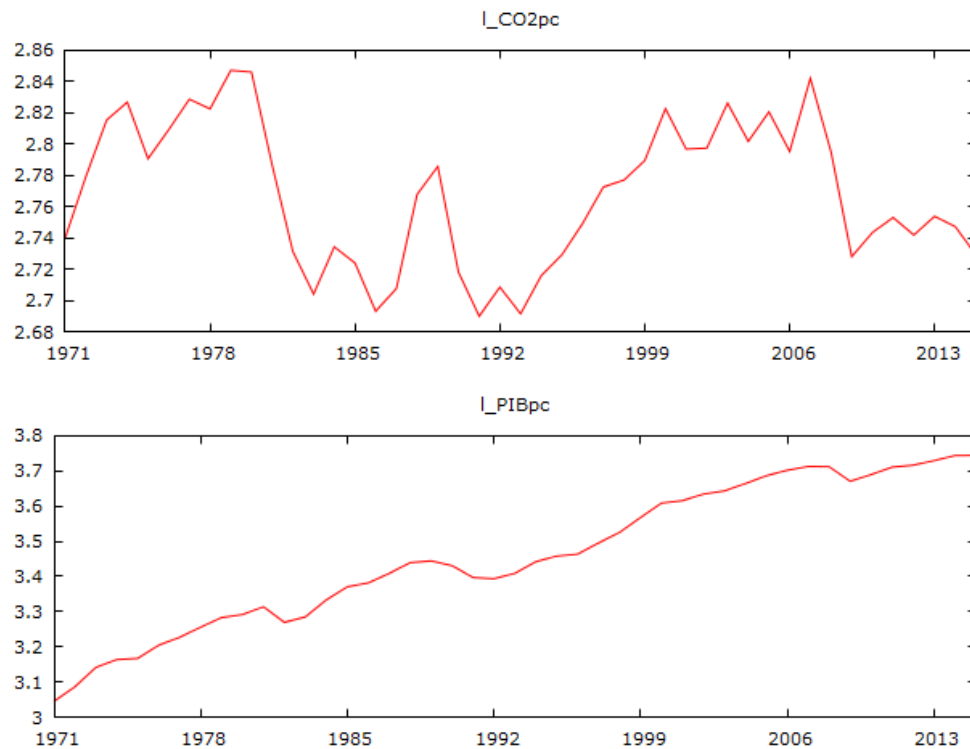
Gráfico 6. Normalidad de los residuos del modelo 3



Para finalizar vamos a crear un gráfico comparativo de la evolución del CO2pc y del PIBpc. Vemos en la evolución del CO2pc que hay 4 fases que intercalan incrementos con

decrecimientos, actualmente parece que hay una tendencia al decrecimiento; y en el gráfico de evolución del PIBpc vemos un incremento continuado en el tiempo. Teniendo en cuenta ambas variables podemos decir que no hay ninguna ruptura estructural.

Gráfico 7. Evolución CO2pc y PIBpc.



5. Conclusiones.

Tras un repaso de la literatura sobre la CKA y un estudio econométrico para el caso de Canadá durante un periodo de 44 años (1971-2015), podemos decir que los resultados obtenidos no son esclarecedores. Hemos obtenido en todos los modelos que las variables incluidas no son significativas, lo que significa que cualquier resultado obtenido en los coeficientes no permiten sacar conclusiones.

Canadá es un país rico y desarrollado con unos niveles de contaminación muy altos, aunque con una tendencia a la reducción de emisiones de CO₂, esto se ve apoyado por nuevas políticas medioambientales comentadas anteriormente. No podemos decir que esta reducción de emisiones se deba a mayores niveles de PIB per cápita.

Es probable que hayamos omitido variables relevantes en el estudio de la CKA como el comercio internacional, variable importante ya que como comentan (He & Richard, 2009) es posible que el decrecimiento de las emisiones en los ochenta se deba a un incremento

en los precios de petróleo en la crisis del petróleo de los años setenta que hizo que Canadá invirtiera en tecnología menos contaminante.

Actualmente, Canadá es uno de los países más ricos del mundo por lo que tiene el desarrollo económico necesario para que la demanda en mejoras en la calidad ambiental sea alta, así como la presión política para conseguir una regulación fuerte para la protección del medioambiente también sea alta.

El cambio climático es el mayor problema del siglo XXI por lo que un cambio en la estructura productiva es necesario hacia una más sostenible, con menos emisiones y generando menos desperdicios. Aunque es importante trabajar a nivel nacional sobre este problema reduciendo las emisiones, son las instituciones internacionales las que deben liderar este cambio y ayudar a aquellas economías menos desarrolladas donde los problemas sociales son más importantes que los medioambientales.

6. Bibliografía.

- Aslanidis, N. & Iranzo, S., 2011. *Environment and Development: Is there a Kuznets Curve for CO2 Emissions ?*, s.l.: Applied Economics, Taylor.
- Asteriou, D., 2002. *Notas sobre Análisis de Series de Tiempo: Estacionariedad, Integración y Cointegración*, s.l.: s.n.
- Calvo, E., 2017. *Análisis econométrico de series temporales en Gretl: La Ley de Okun*, s.l.: s.n.
- Canadá, 2017-2018. *Annual Financial Report of the Government of Canadá*, s.l.: s.n.
- Correa, F., 2004. *Crecimiento Económico y Medio Ambiente: una revisión analítica de la Hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets*, s.l.: Grupo de Economía Ambiental .
- Dinda, S., 2004. *Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey*, s.l.: Ecological Economics.
- Dutt, K., 2009. *Governance, institutions and the environment-income relationship: a cross-country study*, s.l.: Elsevier.
- Ekins, P., 1997. *The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence*, s.l.: Environment and Planning.
- GovernmentOfCanada, s.f. *Government of Canada*. [En línea]
Available at: <https://www.canada.ca/en.html>
- Grether, J. M. & Melo, J. d., 2002. *Globalization and Dirty Industries: Do Pollution Havens matter ?*, Nauchetal, Switzerland: Department d'economie and Politique.
- Grossman, G. & Krueger, A., 1991. *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*, s.l.: National Bureau of Economic Research.
- He, J. & Richard, P., 2009. *Environmental Kuznets Curve for CO2 in Canada*, s.l.: Grédi, Université de Sherbrooke.
- IEA, 2015. *Energy Policies of IEA Countries: Canada 2015 Review*, s.l.: s.n.
- InternationalEnergyAgency, s.f. *International Energy Agency*. [En línea]
Available at: <https://www.iea.org/>
- Kaika, D. & Zervas, E., 2013. *The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory - Part A: Concept, causes and the CO2 emissions case*, s.l.: Elsevier.
- Kuznets, S., 1955. *Economic Growth and Income Inequality*, s.l.: The American Economic Review.
- Montero, R., 2013. *Variables no estacionarias y cointegración*, s.l.: Universidad de Granada.

- OCDE, s.f. *Organización para el Desarrollo y el Desarrollo Económico*. [En línea]
Available at: <https://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>
- Panayotou, T., 1993. *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*, s.l.: World Employment Programme Research.
- Santander, 2019. *Santander Trade Portal*. [En línea]
Available at: <https://es.portal.santandertrade.com/analizar-mercados/canada/politica-y-economia>
- Shafik, N. & Bandyopadhyay, S., 1992. *Economic Growth and Environmental Quality. Time-Series and Corss-Country Evidence*, s.l.: Policy Research Working Papers World Development Report.
- Statista, s.f. *Statista*. [En línea]
Available at: <https://es.statista.com/>
- Suri, V. & Chapman, D., 1998. *Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve*, s.l.: Elsevier.
- TheWorldBank, s.f. *The World Bank*. [En línea]
Available at: <http://www.worldbank.org/>
- Torras, M. & Boyce, J., 1995. *Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve*, s.l.: Elsevier.
- UNFCCC, 1998. *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*, s.l.: s.n.
- UNFCCC, 2015. *Acuerdo de París*, s.l.: s.n.
- UNFCCC, s.f. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. [En línea]
Available at: <https://unfccc.int/>
- Universidad de los Andes, s.f. *Nociones Elementales de Cointegración. Enfoque de Engle-Granger*, s.l.: s.n.
- Vukina, T., Beghin, J. & Solakoglu, E., 1999. *Transition to Markets and the Environment: Effects of the Change in the Composition of Manufacturing Output*, s.l.: CARD Working Papers.
- Zilio, M., 2012. *Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo*, s.l.: Elsevier.